

# O Ensino Individualizado em Química Geral

— uma primeira avaliação

A. Correia Cardoso <sup>a</sup>  
M. da Graça Miguel <sup>a</sup>  
S. J. Formosinho <sup>a</sup>

Nos últimos vinte e cinco anos, o ensino universitário tem sido procurado por todas as classes socioeconómicas. A diversidade da população estudantil resultante levantou o problema do ensino de estudantes com diferentes interesses, modos de aprendizagem e capacidades.

Um dos sistemas de ensino que tem sido utilizado para satisfazer as necessidades de tão diversificada população de estudantes no ensino superior é o **Sistema Individualizado de Ensino** (Personalized System of Instruction, PSI). Inspirado nas técnicas de ensino programado, baseadas na situação do **condicionamento operante** (Skinner, 1953), este sistema foi desenvolvido por Keller e colaboradores (1963). De forma simplificada, pode ser caracterizado pelos seguintes elementos: **aprendizagem individualizada, progressão individual ao ritmo próprio (selfpaced), mestria dos objectivos e imediata retroacção, isto é, interacção contínua estudante/professor.**

Após o aparecimento do sistemas PSI têm sido publicados numerosos trabalhos que mostram quanto este sistema pode ser utilizado em Química (Smith, 1976; Carmachiel, 1976; Peterson, 1977; Pode, 1977; Mellon, 1977; Hughes, Frank e Wilson, 1978; Basel, 1978; Silberman, 1978; Palladino, 1979; Morse e Clapp, 1980; Davies, 1981; Jackman, 1982; Shani e Singerman, 1982; Hinchliffe, 1984; Freeman, 1984; Guthrie, Jenkins e Quin, 1985; Davies, Storch e Strawer, 1987). Dos estudos referenciados, quer qualitativos, quer quantitativos, verifica-se que o sistema PSI é, pelo menos, tão bom quanto o sistema de ensino baseado na lição/discussão. Muitos destes autores concluem mesmo por um aumento na aprendizagem como resultado do ensino baseado na estratégia de Keller. Desde 1983 que temos vindo a investigar a aplicação desta estratégia a casos estudados de fotoquímica (A. Correia Cardoso, 1986; A. Correia Cardoso, H. Burrows e M. da Graça Miguel, 1987; A. Correia Cardoso, H. Burrows, 1987). O Departamento de Química da Universidade de Coimbra oferece uma disciplina de Química Geral aos alunos do primeiro ano das licenciaturas em Química, Bioquímica, Química Industrial, Engenharia Física e Engenharia Química. Esta disciplina tem vindo a ser ensinada com base no sistema tradicional lição/discussão, incluindo aulas teóricas de 2×1,5 h por semana, em dois semestres (23-24 semanas), e ainda aulas de laboratório de 2×2 h por semana durante o segundo semestre. São fornecidos aos estudantes questões para desenvolverem em casa e depois discutidas com um assistente sob a supervisão do professor. Durante o curso, são ministrados aos alunos três testes e/ou um exame final. A média dos alunos que não passaram, no período de 1982-1985, foi da ordem dos 60%-55%. No ano lectivo de 1985/1986 foi desenvolvido para este

curso de Química Geral um sistema de ensino adaptado ao plano de Keller. Foram incluídos 70 estudantes assim distribuídos: 80% estudantes do primeiro ano (60% vindos por uma via optativa com Química e 20% por outras vias) e 20% repetentes do curso do ano lectivo anterior.

Como material suplementar de ensino utilizaram-se *guias de estudo, módulos de aprendizagem assistidos ou geridos por computador e videocassetes*. O uso de guias de estudo tem sido reconhecido como de grande utilidade em sistemas de ensino de «ritmo próprio» (Biran, 1975). Os módulos assistidos por computador e as videocassetes permitiram a assistência aos estudantes mais lentos dando resposta imediata aos erros cometidos e ajudando-os em vários aspectos da aprendizagem, nomeadamente no desenvolvimento da destreza cognitiva, no aumento de capacidades na resolução de problemas e na compreensão dos princípios do trabalho de laboratório.

## A estrutura do curso

Ao iniciar o curso, o estudante recebe o conjunto das unidades com os conteúdos das diferentes matérias. Para cada unidade ele dispõe de uma guia de estudo que inclui: (i) *Objectivos de aprendizagem*; (ii) *orientação de estudo recomendada*; (iii) *actividades de estudo*, com a finalidade de manter o estudante activo, quer analisando e tratando dados, quer desenvolvendo actividades experimentais; (iv) *um conjunto de questões de estudo*, incluindo algumas resolvidas e outras de auto-avaliação.

Antes de seguir para a segunda unidade, na sequência proposta, o estudante deve mostrar a sua mestria na primeira unidade, através da realização de um teste de avaliação, sendo exigida a percentagem de 75% para passagem. O aluno é sujeito ao teste sobre cada unidade apenas quando ele próprio se julgar preparado. Se falhar, pode tentar um outro teste sobre a respectiva unidade, após mais algum tempo de estudo.

O facto do sistema PSI permitir ao estudante progredir à sua própria velocidade de aprendizagem pode criar ao professor alguns problemas. Para evitar que os estudantes mais lentos se apresentem a teste em tempo não oportuno, haveria necessidade de um grande número de testes para cada unidade. Alguns professores tentam resolver estes problema desenvolvendo testes formativos alternativos; outros, contudo, consideram esta hipótese não satisfatória, em virtude dos problemas inerentes à existência de um grande número de testes equivalentes para cada unidade. Cohen e outros

<sup>a</sup> Departamento de Química da Universidade de Coimbra.

(1973) propuseram a geração de testes de uso formativo por computador.

Não há infelizmente muitas publicações que descrevam o plano Keller aplicado ao ensino da Química no laboratório (Carmachiel, 1976; Peterson, 1977; Mellon, 1977). Embora existam algumas (Lewis, 1973; Vandembroucke, 1975; Hughes, Frank e Wilson, 1978) que referem aplicações do sistema em cursos que incluem trabalho de laboratório, não utilizam geralmente o sistema individualizado.

Neste projecto, as experiências são «em aberto» (open ended) e orientadas de modo a integrarem-se na estratégia desenvolvida.

Cada experiência envolve três estágios de actividades: *trabalho pré-laboratorial*, *trabalho laboratorial* e *trabalho pós-laboratorial*. O primeiro é desenvolvido com a integração de slides, videocassetes e módulos de aprendizagem assistidos por computador (simulação de experiências nas quais o estudante deve especificar todos os passos, incluindo o sistema químico a ser usado, os dados obtidos e o procedimento experimental a ser seguido de modo a existir uma sequência lógica entre os diferentes passos. Dado que o ensino do trabalho de laboratório deverá desenvolver a destreza cognitiva — no que respeita à resolução de problemas, compreensão de princípios estabelecidos — e a destreza psicomotora — na manipulação de aparelhos e medidas de precisão — é evidente que os «media» utilizados apenas podem assistir à primeira. A destreza psicométrica será desenvolvida no laboratório (segundo estágio) com a execução da experiência, mas já num ambiente em que o aluno dominando os conteúdos pode concentrar-se nas questões de natureza prática, mormente nas de maior dificuldade que porventura possam aparecer. A partir de discussões pós-laboratoriais o estudante pode aprender muito sobre a análise e interpretação dos dados.

### Avaliação do material de aprendizagem

O curso foi progressivamente avaliado através de um processo de retroacção com os estudantes, em discussões informais, em sessões tutoriais, por resposta a questionários de atitudes e por resultados a testes escritos.

Neste estudo considerámos duas escalas de atitudes. Uma foi elaborada com base na escala de Likert (1932). Para cada item pede-se ao estudante para expressar a sua opinião, por escolha entre seis hipóteses variando de «totalmente concordantes» a «totalmente em desacordo» (5-1 e 1-5 consoante o carácter favorável (positivo) ou desfavorável (negativo) dos itens). A selecção do item mais discriminativo foi feita empiricamente por computação da correlação total. Considerou-se para  $r$  (coeficiente de correlação de Pearson) de cada item o valor 0,30 ou superior, dado que os itens com uma correlação entre 0 e 0,30 pouco contribuem para a medida das diferenças individuais de atitudes, reduzindo a confiança da escala total (Sax, 1974). A consistência interna foi determinada pelo processo referido por Cano e Brewer (1973) que sugerem, em vez do método da semi-divisão (split-half method), uma correlação inter-item e recomendam um valor de  $r$  igual ou superior a 0,80 como coeficiente alfa aceitável para uma dada escala.

A outra escala foi baseada na técnica de semântica diferencial (Osgood, 1971). Os conceitos a serem considerados são as unidades de ensino, sendo escolhidos 23 adjectivos bipolares adaptados por Kane (1969). Foram

consideradas cinco dimensões conceptuais: *satisfação* (enjoyment), *valor*, *dificuldade laboratorial*, *complexidade analítica* e *adjectivos bipolares de baixa comunalidade*. Os dados foram submetidos a uma análise de factor rodados ortogonalmente, usando a rotação de Kaiser (Kaiser Varimax Rotation) (1958).

### Discussão

A técnica de Likert foi utilizada para analisar uma escala de atitudes relativamente à estratégia de ensino utilizado (Tabela 1). O valor do coeficiente de correlação  $r$  total de todos os itens, excepto o número 9, foi superior a 0,30. O valor do coeficiente médio de correlação  $r$  inter-itens foi 0,33 e o coeficiente alfa, 0,91. Os resultados indicam que os estudantes aprenderam mais, trabalharam arduamente, gostaram do assunto e acharam-no interessante. Muitos foram favoráveis à aplicação do sistema PSI a outros cursos.

A análise do conteúdo das unidades foi feita recorrendo a uma escala baseada na técnica de semântica diferencial. As dimensões conceptuais e os adjectivos bipolares para cada dimensão são apresentados na Tabela 2.

Os conceitos analisados provieram de quatro unidades de trabalho (*termodinâmica — unidade 2; equilíbrio: reacções de ácido-base e reacções de oxidação-redução — unidade 3; cinética química — unidade 7 e espectroscopia molecular — unidade 11*) e uma amostragem de 48 estudantes, numa escala de  $4 \times 23$  passos. Produziram-se quatro factores que foram rodados ortogonalmente.

Uma comparação dos perfis das diferentes unidades de trabalho, permitirá a identificação, para alguns adjectivos bipolares, de pesos de valor significativo. Unidade 2 e 3 na dimensão satisfação para os pares de adjectivos bipolares, estimulante-enfadonha e variada-monótona; unidade 7 e 11 na dimensão dificuldade laboratorial para os pares simples-complicada e fácil de execução-difícil de execução e unidades 2 e 7 e 11 nas dimensões complexidade da análise e adjectivos bipolares de baixa comunalidade para os pares poucos cálculos-muitos cálculos e cálculos complicados-cálculos não complicados e curta-comprida.

Foram utilizados testes de avaliação para determinar o que foi e o que não foi aprendido. Cada teste continha 10 questões de escolha múltipla (Parte I), uma questão aberta, uma questão tipo problema (Parte II) e uma questão de desenvolvimento (Parte III).

Dos 70 estudantes, 56 atingiram a classificação mínima que lhes permitiu passar, ou uma classificação superior. Os estudantes tinham de passar num mínimo de oito unidades, num total de doze.

Foi possível, de um modo geral, prever com alguma antecedência a evolução e aprovação final no caso de alguns estudantes. A Linha Y na Figura 1 representa o número mínimo de unidades feitas e recomendadas.

Os estudantes nestas condições foram identificados e aconselhados com a regularidade de uma vez por semana. Por exemplo, o estudante  $S_4$  interrompeu o curso e o estudante  $S_3$  atingiu o mínimo exigido só depois de aconselhado e encorajado em Dezembro e Abril. Por outro lado, o estudante  $S_2$  constitui um caso típico de estudante consciencioso e médio, enquanto  $S_1$  foi o mais brilhante do grupo.

Os resultados do estudo dos coeficientes de correlação (correlação de Spearman),  $r_s$ , (Tabela 3), entre as classificações finais dos participantes no grupo experimental (G.E.), e as respectivas classificações finais, obtidas



no ano lectivo seguinte 1986/1987, nas disciplinas de Química das Soluções (Q.S.), Química Analítica (Q.A.) e Química Orgânica (Q.O.), do 2.º ano das licenciaturas de Química, Química Industrial, Bioquímica e Engenharia Química, mostram uma correlação bastante significativa entre as classificações obtidas, pelos mesmos alunos, em Química das Soluções e Química Analítica, dada a incidência que a disciplina de Química Geral tem nas matérias versadas nestas disciplinas.

## Conclusões

A análise das atitudes dos estudantes face ao sistema adoptado, revelou as qualidades pedagógicas inerentes ao mesmo, designadamente à maior intervenção que é exigida aos estudantes e à redução das variações inter-individuais.

Os resultados positivos registados no plano do sucesso escolar (cerca de 80%), e os índices de correlação obtidos nas disciplinas de Q.S. e Q.A. constituem elementos favoráveis à continuação e ao alargamento do sistema.

Não pondo em causa a existência de outras concepções pedagógicas que permitem alcançar, com maior ou menor eficácia determinados objectivos, o sistema adoptado, pelo incentivo que dá aos estudantes no sentido de intervirem mais activamente no processo da sua aprendizagem, pela interacção contínua estudante/professor e pela utilização de materiais auxiliares de aprendizagem, susceptíveis de se adequarem a diversos estilos cognitivos, deve ser considerado uma estratégia pedagógica capaz de contribuir para a individualização do ensino e para que os estudantes assumam mais directamente as responsabilidades pela sua própria aprendizagem.

Tabela 1  
Questionário

Item N.º	
1	O sistema de ensino utilizado envolve fundamentalmente memorização.
2	O sistema utilizado aumentou a responsabilidade pela minha aprendizagem.
3	Aprendi muito pouco pelo sistema utilizado.
4	Achei o sistema utilizado muito aborrecido.
5	O sistema utilizado foi eficaz para a minha aprendizagem.
6	O meu interesse pela Química aumentou devido ao sistema utilizado.
7	Recomendaria o curso, desde que ministrado pelo mesmo sistema, a um colega.
8	O sistema utilizado permite diferenças individuais.
9	O sistema utilizado não foi eficaz para a aprendizagem.
10	Não gostei de participar nesta experiência pedagógica.
11	O sistema deveria ser aplicado a outras disciplinas.
12	O curso foi impessoal.
13	Aconselharia outros colegas a não frequentar o curso.
14	Gostei de participar no curso.
15	Os objectivos do curso não foram claros.
16	O curso permitiu mais apoio do que geralmente recebo num grupo do mesmo tamanho.
17	Preferia frequentar o curso por outro sistema diferente do utilizado.
18	Se tivesse de recomeçar voltaria a escolher o sistema aplicado.

Tabela 2  
Dimensões conceptuais e adjectivos bipolares

## 1. Satisfação

Satisfatória-Não satisfatória  
Agradável-Não agradável  
Estimulante-Enfadonha  
Variada-Monótona  
Interessante-Não interessante

## 2. Valor

Informativa-Não informativa  
Relevante-Irrelevante  
Importante-Não importante  
Útil-Não útil

## 3. Dificuldade laboratorial

Adequada à teoria-Não adequada à teoria  
Simples-Complicada  
Fácil de execução-Difícil de execução  
Instruções claras-Instruções confusas  
Directa-Teoria complexa  
Escrita fácil-Escrita difícil

## 4. Complexidade analítica

Poucos cálculos-Muitos cálculos  
Cálculos complicados-Cálculos não complicados  
Tecnológica-Teórica

## 5. Adjectivos bipolares de baixa comunalidade

Curta-Comprida  
Resultados precisos-Resultados aproximados  
Teoria familiar-Teoria pouco familiar  
Instrumentação adequada-Instrumentação não adequada  
Experiência em aberto-Experiência fechada

Tabela 3  
Comparação dos coeficientes de correlação entre as classificações dos participantes do G.E. e as obtidas em Q.S., Q.A. e Q.O.

		Valor $r_s$ tabelado * ( $p=0,05$ )	Valor $r_s$ calculado
Química das Soluções	(N = 30)	0,31	0,46
Química Analítica	(N = 28)	0,32	0,40
Química Orgânica	(N = 26)	0,33	0,15

\* Hays (1973).

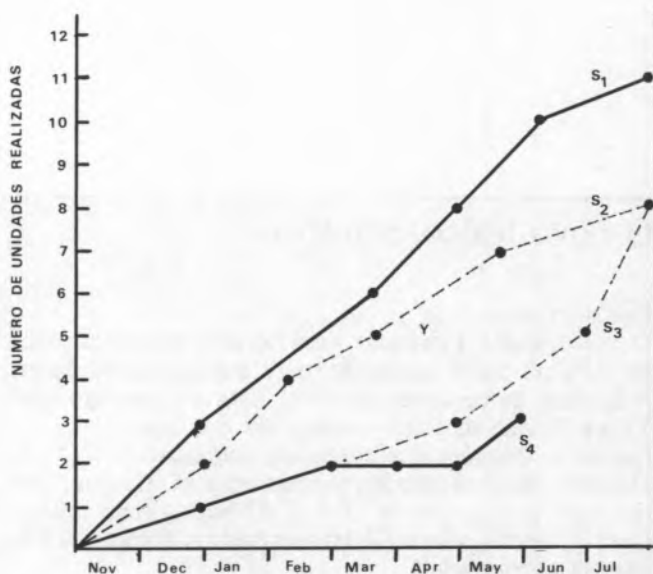


Fig. 1

## Bibliografia

- Skinner, B.F. (1958) *Science*, **128**, 969.  
Keller, F.S. (1968) *Journal of Applied Behaviour Analysis*, **1**, 78  
Smith, H.A. (1976) *Journal of Chemical Education*, **53**, 510  
Carmichael, J.W. (1976) *Journal of Chemical Education*, **53**, 791  
Mellon, E.K. (1977) *Journal of Chemical Education*, **54**, 115  
Peterson, D.L. (1977) *Journal of Chemical Education*, **54**, 362  
Pode, T.M. (1977) *Journal of Chemical Education*, **54**, 750

Hughes, L.J., Frank, J.W. e Wilson, A.T. (1978) *Journal of Chemical Education*, **55**, 521  
 Baasel, W.D. (1978) *Chemical Engineering Education*, **12**, 78  
 Silberman, R. (1978) *Journal of Chemical Education*, **55**, 97  
 Palladino, G.F. (1979) *Journal of Chemical Education*, **56**, 323  
 Morse, E., e Clapp, L.B. (1980) *Journal of Chemical Education*, **57**, 61  
 Davies, C.S. (1981) *Journal of Chemical Education*, **58**, 686  
 Jackman, L.E. (1982) *Journal of Chemical Education*, **59**, 225  
 Shani, A. e Singerman, A. (1982) *Journal of Chemical Education*, **59**, 223  
 Hincliffe, P.R. (1982) *Journal of Chemical Education*, **59**, 589  
 Freeman, W.A. (1984) *Journal of Chemical Education*, **61**, 617  
 Guthrie, R.D., Jenkins, I.D., Quin, R.R.J. (1985) *Education in Chemistry*, **22**, 112  
 Davies, L.P., Storch, D.M., Strawser, L.D. (1987) *Journal of Chemical Education*, **64**, 784  
 Cardoso, A.C. (1986) Implementation of Self-Paced Learning in a Photochemistry Case Study, Unpublished Msc Thesis, University of York, U.K.

Cardoso, A.C., Burrows, H., Miguel, M. Graça (1987) *EPA Newsletter*, **29**, March, 1987  
 Cardoso, A.C., Burrows H. (1987) *Journal of Chemical Education*, **64**, 995  
 Biran, L.A. (1972) *APLET Year Book of Education and Instrumental Technology*, Koogan Press  
 Vandenbroucke Jr, A.C. (1975) *Journal of Chemical Education*, **52**, 516  
 Cohen, P. e Cohen, L. *Education Technology* (1973), **18**, March  
 Likert, R. (1932) *Arch Psychology*, **140**, 5  
 Sax, G. (1974) Principles of Education Measurement and Evaluation Belmont, Calif: Wadsworth Publishers Company  
 Crane, W.D., e Brewer, M.B. (1973) Principles of Research in Social Psychology. New York: McGraw-Hill  
 Osgood, C.E. e outros (1967) The Measurement of Meaning, 2.<sup>a</sup> edição, University of Illinois Press  
 Kane, R.B. (1969) *Journal of Experimental Education*, **37**, 34  
 Kaiser, H.F. (1958) *Psychometrika*, **23**, 187  
 Hays, W. (1973) Statistics for the Social Sciences, Inc New York: Rinehart and Winston.

## O novo léxico científico

Caros leitores

O vosso amigo Florêncio Vesúvio está mesmo a precisar de uma bolsa de estudo, para estagiar junto de um humorista de reconhecida valia. Está a ficar esgotado! Vejam lá que só tinha conseguido esta piada...

*Cursor* — Alguém que frequenta um curso.

Mas em compensação leu atentamente «O Cacto», Jornal dos estudantes da F.C.T.-U.N.L., (sem picos). Com a devida vénia <sup>(1)</sup> transcrevemos algumas reflexões lá encontradas.

*Lei de Sattinger* — Funcionará melhor se ligares a ficha.

*Lei de Lowery* — Se encravar, força. Se partir, de qualquer forma estava a precisar de ser substituída.

*Lei de Jenkinson* — Não vai funcionar.

*Axioma de Cahn* — Quando tudo o mais falhar, lê as instruções.

*Lei de H.L. Mencken* — Os que podem, fazem. Os que não podem, ensinam.

*Extensão de Martin* — Os que não podem ensinar, administram.

Após este estímulo, o vosso amigo recuperou algumas forças e ainda conseguiu sair-se com estas:

*Lei de Tertuliano* — A medida de pH sairá mais correcta, se usares o eléctrodo de vidro.

*Lei de Ubaldo Nestor* — Se perceberes o artigo, vais conseguir explicá-lo melhor.

*Lei dos expositores* — Mostra-lhes doses reforçadas de gráficos, tabelas. Expõe de tal modo que eles não percebiam o pouco que percebes. Verás que eles não se aperceberão daquilo que tu não percebes.

*1.ª Lei do Professor* — Se não souberes responder à pergunta do aluno, dá a entender que ele é estúpido, que a resposta é evidente, e que não lha dás, para não o humilhar.

*2.ª Lei do Professor* — Se lhes dás a mão pedem-te o braço. Se lhes mostrares os dentes não vão perdirt-te que lhes mordas.

*3.ª Lei do Professor* — Quando faltarem os argumentos, usa a autoridade.

*1.ª Lei do Conferencista* — Se não souberes responder, inventa um «barrete». Diz por exemplo que o electrão transfere a 80 Å de distância.

(1) a paga é em publicidade para o «Cacto».